

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor: Bc. Martin Kihoulou  
Název práce: Impact crater relaxation throughout the Solar System  
Studijní program a obor: Fyzika, Geofyzika (FG)  
Rok odevzdání: 2021

Jméno a tituly oponenta: doc. RNDr. Jakub Velímský, Ph.D.  
Pracoviště: katedra geofyziky, MFF UK  
Kontaktní e-mail: jakub.velimsky@mff.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající     velmi dobrá     průměrná     podprůměrná     nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné     vzhledem k rozsahu přiměřený počet     méně podstatné četné     závažné

## Výsledky:

- originální     původní i převzaté     netriviální kompilace     citované z literatury     opsané

## Rozsah práce:

- veliký     standardní     dostatečný     nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající     velmi dobrá     průměrná     podprůměrná     nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné     vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet     četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající     velmi dobrá     průměrná     podprůměrná     nevyhovující

### **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:**

Předložená diplomová práce se zabývá numerickým modelováním viskózní relaxace ledové slupky trpasličí planety Pluto, způsobené impaktivou deformací. Hledá odpověď na otázku, za jakých podmínek mohla relaxace pánve *Sputnik Planitia* vést ke vzniku kladné gravitační anomálie a následné orientaci podél slapové osy Pluto–Charon. Autor dochází k závěru, že ani zahrnutí vysoce viskózní a tepelně izolující vrstvy klatrátů (hydrátů) nevede k dostatečnému zpomalení relaxace, která závisí na termálním účinku dopadu a na nelineární reologii ledu.

Práce je napsána v anglickém jazyce a má celkově výbornou stylistickou i grafickou úroveň. V prvních dvou kapitolách je představena problematika orientace *Sputnik Planitia* a relaxace impaktivních kráterů s použitím současné literatury. Oceňuji jejich přehledné zpracování. Jádro práce tvoří třetí kapitola, která představuje vývoj autorova modelu viskózního tečení ledové slupky s volnou hranicí ve 2-D kartézské, nebo válcové, osově symetrické geometrii. Zde mám určité výhrady k příliš volnému zacházení se silnou a slabou formulací úlohy; kompletní popis slabé formulace včetně stabilizačních členů a Nitscheho metody chybí a nejsou ani zavedeny prostory řešení a testovacích funkcí. Autorův kód v prostředí FEniCS je otestován pro kartézský model proti komerčnímu software COMSOL pro izoviskózní led i teplotně závislou viskozitu. Ve válcové geometrii byla konvekční část otestována s použitím COMSOL a relaxační část s volnou hranicí modelem na bázi sférických harmonik z autorovy bakalářské práce, opět s teplotně závislou viskozitou. Všechny testy přesvědčivě dokazují správnost numerické implementace v obou geometriích. Čtvrtá kapitola se věnuje parametrické studii relaxace izostatického výzdvihu pánve *Sputnik Planitia*. Autor demonstruje vliv tloušťky ledové vrstvy a vrstvy klatrátů, postimpaktivní teplotní anomálie a napětím řízené viskozity na dobu relaxace. Dále je provedena série simulací relaxace povrchového impaktivního kráteru pro různé velikosti impaktoru a tloušťky ledové vrstvy. V závěrečných kapitolách shrnuje dosažené výsledky a jejich význam pro reorientaci ledové slupky Pluta.

Práce přesvědčivě dokazuje schopnost studenta pracovat s odbornou literaturou, formulovat vědecké otázky, hledat na ně odpovědi prostřednictvím fyzikálně-matematického modelování a srozumitelnou formou je prezentovat. Student prokázal schopnost aplikovat pokročilé metody numerického modelování konečnými elementy.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

- Kinematická podmínka na volný povrch se zavádí pro implicitní popis  $F(\mathbf{r}; t) = 0$  jako  $DF/Dt = 0$ . Jak je zavedeno  $h$  v explicitní podmínce (3.4) a jak chápat tečný vektor k povrchu  $\mathbf{t}$  v trojrozměrném prostoru? Konkrétní implementace v kartézské (3.22–23) i sférické (3.55) geometrii se zdají být v pořádku.
- Plánuje se publikace dosažených výsledků vzhledem k rozporu s Kamata et al. (2019)?
- Jaké jsou hlavní překážky pro zahrnutí elastické a plastické reologie do budoucích modelů?

### **Práci:**

- doporučuji  
 nedoporučuji  
uznat jako diplomovou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

- výborně    velmi dobře    dobře    neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta:

Praha, 17. června 2021